SetE BULLETIN SCIENCE ET ENVIRONNEMENT SetE
Numéro 22 janvier/février 2001

LES INTELLI-ROUTES SONT DES ROUTES MOINS DANGEREUSES

Chaque année, environ 300 Canadiens meurent et 11 000 sont blessés dans des accidents de la route qui sont principalement causés par la neige et la glace — des chiffres supérieurs au total annuel établi pour tous les accidents ayant trait à tous les autres moyens de transport. Bien que les 4,7 millions de tonnes de sel de déneigement utilisées sur nos routes chaque hiver rendent la conduite plus sécuritaire, une étude récente effectuée par Environnement Canada démontre que cet épandage a de nombreuses répercussions négatives sur les réseaux d'eaux douce et le biote.

Une station météo-route comme celle-ci fournit aux prévisionnistes des renseignements détaillés à propos des conditions routières et météorologiques.

La nécessité d'accroître la sécurité du public et de réduire les effets du traitement chimique des routes sur l'environnement incite de nombreuses provinces et municipalités à installer des stations météo-route (SMR) à la fine pointe de la technologie — ce sont des stations météorologiques automatisées installées le long des routes et équipées de détecteurs de surface et de sous-sol routiers. Ces stations enregistrent les conditions atmosphériques, notamment la température de l'air, l'humidité relative et la vitesse des vents, ainsi que la température et le degré d'humidité des routes elles-mêmes.

À l'aide de son propre modèle d'équilibre thermique, le Service météorologique du Canada (SMC) d'Environnement Canada associe les données des SMR et les renseignements atmosphériques pour prédire la température du revêtement des routes et les conditions routières au cours des 24 heures qui suivent. En sachant à l'avance quand la chaussée sera glissante, en raison de la glace noire ou d'autres conditions, on peut demander aux équipes d'entretien d'épandre du sel *avant* que la glace et la neige n'adhèrent au revêtement, c'est-à-dire avant que ne s'installent les conditions météorologiques responsables des dérapages. Cette méthode proactive d'entretien des routes en hiver est connue sous le nom d'« antiglaçage ».

Puisque le sel sec n'adhère pas à un revêtement sec, il doit être humidifié avant d'être épandu. En Suède, au Royaume-Uni et dans certaines parties des États-Unis, où l'on a régulièrement recours aux prévisions météo-route et aux techniques d'antiglaçage depuis plus de dix ans, les équipes d'entretien appliquent une couche fine de saumure. Des études ont démontré que le prétraitement d'une route au moyen de saumure exige jusqu'à quatre fois moins de sel que l'application de sel sec en vue d'attaquer l'accumulation de glace et de neige.

L'antiglaçage a permis à bien des autorités routières d'Europe et des États-Unis de réduire l'utilisation du sel de 20-30 p. 100 tout en entraînant une baisse de 10-15 p. 100 du nombre des accidents. En fait, l'antiglaçage a démontré qu'on pouvait réaliser des économies suffisantes de main-d'œuvre, de matériel, de fournitures et de carburant pour assumer le coût des SMA et des prévisions météo-route deux fois plutôt qu'une. Les avantages indirects découlant de la réduction du nombre des accidents, des frais d'avocat et des dommages aux routes, aux structures et à l'environnement causés par le sel ainsi que de l'emploi plus efficient des routes existantes sont estimés à environ 11 fois les frais engagés.

Le Canada a actuellement environ 80 emplacements de SMR dans tout le pays, la plupart se trouvant en Ontario et en Colombie-Britannique. Toutefois, on prévoit implanter, au cours des cinq prochaines années, de nouvelles installations importantes de SMR, ce qui accroîtra sensiblement le nombre de ces stations; en outre, le gouvernement fédéral, les provinces, les territoires et d'autres partenaires sont actuellement à discuter de la création d'un réseau national intégré de SMR.

Puisqu'il ne suffit pas d'implanter même plusieurs milliers de détecteurs pour rendre sécuritaire presque un million de kilomètres de routes canadiennes, le SMC espère utiliser des modèles de prévision numérique tridimensionnels pour obtenir les données manquantes. Le supercalculateur haute résolution du SMC, qui se trouve à Dorval, au Québec, utiliserait les données obtenues du réseau national de SMR pour établir des prévisions météo-route pour tous les points de grille de modèle coïncidant avec les routes — même ceux pour lesquels il n'y a pas de SMR.

Avec l'intégration d'un réseau national de SMR, le réseau routier national deviendrait plus sécuritaire, plus respectueux de l'environnement et plus efficient. Les renseignements obtenus de ces emplacements pourraient être améliorés par l'ajout d'autre matériel — détecteurs de visibilité, dispositifs de surveillance de la qualité de l'air ou détecteurs de comptage des véhicules. Certaines régions sont déjà en train de planifier l'emploi hors saison des données fournies par les SMR dans le but, notamment, de déterminer le meilleur moment pour planter et récolter les cultures dans les champs avoisinants et pour détecter les conditions favorables aux incendies de forêts. SetE

À L'INTÉRIEUR

2 Un nouvel essor pour les véhicules électriques
3 Le pâturage écologique rajeunit les prairies naturelles
4 La science des changements climatiques
5 Des cartes pour aider à protéger les régions sensibles contre les déversements d'hydrocarbures
7 Les cours d'eau artificiels reperent les effets des agresseurs du milieu aquatique
8 Gestion des effets cumulatifs dans le nord

UN NOUVEL ESSOR POUR LES VÉHICULES ÉLECTRIQUES

La Solectria Force, croquée sur le vif sur la Colline du Parlement, à Ottawa, fait partie des véhicules électriques en démonstration dans le cadre du projet Montréal 2000.

L'adoption de mesures d'assainissement de l'air plus rigoureuses dans les grandes villes du monde entier a ravivé l'intérêt pour les véhicules électriques (VÉ), lesquels se taillent peu à peu une place sur le marché commercial. Bien que les VÉ demeurent, pour le moins, rares au Canada, un projet récent prouve que ces véhicules offrent une solution de remplacement rentable en milieu urbain, même au plus fort de l'hiver alors que les batteries sont mises à rude épreuve.

Le Projet véhicules électriques — Montréal 2000, qui a débuté en janvier 1999, est le premier du genre au Canada. Ce projet vise à évaluer la performance des VÉ disponibles commercialement, en les incorporant aux parcs de véhicules commerciaux et institutionnels en milieu urbain — une application idéale pour les VÉ qui peuvent parcourir actuellement une distance maximale de 80 à 130 kilomètres avant une recharge.

L'usage accru des VÉ à ces fins réduirait sensiblement les émissions de gaz à effet de serre, dont plus de 40 p. 100 sont attribuables au transport routier au Québec. En effet, comme les véhicules électriques ne produisent aucune émission, le fait de passer d'un moteur à combustion interne à un moteur électrique diminuerait les émissions de CO_2 de plus de 3,8 tonnes par véhicule, par année. De plus, les VÉ ont une efficacité énergétique de 85 p. 100, contre seulement 30 p. 100 pour les véhicules à essence, ce qui les rend quatre fois moins coûteux à exploiter — un facteur qui compense en partie pour le fait que les véhicules électriques sont deux fois et demie plus chers à l'achat.

Dix partenaires issus des administrations fédérale, provinciales et municipales et du secteur privé — notamment Environnement Canada, la Défense nationale, Transports Canada, la Société canadienne des postes, le Gouvernement du Québec, Bell Canada, Hydro-Québec, Les Services électriques Blanchette, la Ville de Montréal et le Centre d'expérimentation des véhicules électriques du Québec (Ville de Saint-Jérôme) — participent à ce programme d'essai qui porte sur 23 VE, parmi lesquels figurent le camion léger compact Ford Ranger, la berline Solectria Force, le biplace Think City de Ford et deux camions de livraison modifiés.

Ce projet de trois millions de dollars se déroule dans la grande région de Montréal, où se trouvent deux concessionnaires de VÉ et un réseau de 25 stations de recharge publiques et privées. Le Québec est considéré comme un marché de choix pour les véhicules électriques, car il s'agit du deuxième marché de véhicules légers en importance au Canada; en outre, plus de 11 p. 100 des quelque 3,5 millions de voitures et de camions légers qui sillonnent les routes de cette province font partie d'un parc de véhicules commerciaux ou institutionnels. C'est également au Québec que l'on observe le plus grand écart entre le prix de l'électricité et du pétrole (1:5) en Amérique du Nord, l'hydroélectricité y étant la principale source d'énergie, et ceci rend d'autant plus intéressante la conversion aux VÉ pour les gestionnaires de parcs automobiles.

La théorie mise de l'avant est la suivante : si les VÉ peuvent résister au temps chaud et humide durant l'été et aux froids sibériens de l'hiver à Montréal, ils devraient pouvoir fonctionner dans à peu près n'importe quel climat. Deux évaluations sont actuellement en cours, afin de déterminer le rendement réel de ces véhicules. La première vise à évaluer la performance technique des véhicules; cette évaluation s'appuie sur les données recueillies par des capteurs installés à bord des véhicules, ainsi que sur les données consignées dans les carnets de bord des utilisateurs. La deuxième évaluation consiste à mener des entrevues et des sondages auprès des conducteurs, des gestionnaires de parcs automobiles et du personnel d'entretien, pour juger de leur satisfaction, de leurs perceptions, et de leurs réactions à l'égard des VÉ.

Environnement Canada a présenté les résultats de la première année du projet, lors du XVII[e] Symposium sur les véhicules électriques qui s'est tenu à Montréal, en octobre. Les données obtenues indiquent que l'utilisation des VÉ augmente en fonction de leur disponibilité et que, malgré quelques interruptions dues au rappel de pièces aux États-Unis, les véhicules satisfont aux normes de performance.

Les résultats saisonniers obtenus confirment par ailleurs que la température et les conditions climatiques influent considérablement sur la performance — à une température inférieure à -10 °C, par exemple, des accessoires tel le système de chauffage du véhicule consomment 25 p. 100 de l'énergie disponible. Bien que ceci réduise la distance qu'un VÉ peut parcourir par temps froid, de nouvelles batteries au lithium-métal-polymère, offrant une autonomie deux fois supérieure à celles au plomb-acide et au nickel-hydrures métalliques, seront disponibles commercialement en 2004. Qui plus est, ces nouvelles batteries au lithium auront une vie utile de plus de dix ans.

Les participants espèrent que les résultats du projet, qui doit se terminer à la fin de mars, aideront à dissiper les craintes suscitées par cette nouvelle technologie. Tous se sont dits intéressés à participer aux phases ultérieures du projet, et la société Renault a accepté que sa fourgonnette Kangoo soit incluse dans les futurs essais. SE

LE PÂTURAGE ÉCOLOGIQUE RAJEUNIT LES PRAIRIES NATURELLES

Les agents de protection de la nature et les éleveurs de bétail font équipe pour restaurer la prairie naturelle de la Réserve nationale de faune de Last Mountain Lake, située dans le centre-sud de la Saskatchewan. Soumis à un système de pâturage écologique, le bétail des prés avoisinants contribue à freiner la dissémination des espèces exotiques et à réintroduire dans l'écosystème une diversité qui existait il y a de nombreuses années, alors que le bison fréquentait les prairies.

Le Service canadien de la faune d'Environnement Canada et l'Administration du rétablissement agricole des Prairies (ARAP) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada ont lancé le projet il y a six ans, après avoir constaté une détérioration persistante de la qualité et de la biodiversité de l'habitat dans la région. Laissée en friche pendant des décennies, la terre était en train d'être envahie par des espèces végétales étrangères qui étouffaient les plantes indigènes et diminuaient la variété d'habitat pour les oiseaux, les invertébrés et d'autres animaux.

Il y a maintenant plusieurs décennies que les scientifiques ont constaté la nécessité de réintroduire le feu aussi bien que le pâturage dans le paysage des prairies, car ces deux éléments jouent un rôle de premier plan dans la formation de celles-ci. Le brûlage dirigé est utilisé à la réserve de Last Mountain Lake, mais représente un moyen coûteux et complexe. Il faut agir dans des conditions météorologiques et environnementales précises et, par conséquent, il n'est pas toujours possible de respecter les plans ou les exigences en matière de brûlage.

Entre en scène le bétail. Le projet de pâturage écologique repose sur un système d'alternance pâturage-jachère qui, selon les biologistes, imite étroitement les pratiques historiques de pacage des bisons, qui étaient brèves mais intensives. Lorsque les troupeaux arrivaient sur les rives d'un lac ou d'une rivière, ils avaient une incidence considérable sur l'environnement, puis repartaient, ce qui donnait à la terre le temps de se rétablir. Ils créaient ainsi le genre d'habitat ouvert dont ont besoin de nombreuses espèces d'oiseaux durant la mue et la migration.

Afin de reproduire ces pratiques historiques, les scientifiques proposent une version modifiée du système intensif d'alternance pâturage-jachère auquel recourent communément les agriculteurs pour permettre aux prés de se reconstituer après le passage du bétail. Au moyen de portes, de clôtures électriques et d'autres barrières, on oriente le mouvement du bétail et le dirige vers un endroit précis, où il peut brouter pendant plusieurs semaines, puis vers un autre — ce qui permet de couvrir de vastes étendues de terre au cours d'une saison.

À la Réserve nationale de faune de Last Mountain Lake, on laisse le bétail brouter assez longtemps pour qu'il ramène les végétaux à une hauteur de deux à cinq centimètres, puis on l'envoie paître ailleurs. On lui donne également accès à un certain pourcentage de la région littorale au cours d'une année donnée. Cette formule est mise en pratique pendant trois ans d'affilée, après lesquels on laisse reposer la terre de trois à six ans.

Cette année, chaque unité de pâturage a été divisée en deux; dans une moitié, on applique la formule de broutage de trois ans tandis que dans l'autre, on laisse reposer la terre pour que l'humus s'accumule et que les végétaux poussent. On obtient ainsi un ensemble de petites mosaïques où la complexité et la diversité structurale de la végétation augmentent dans une zone donnée. Il s'ensuivra une hausse du nombre d'habitats pour une plus grande variété d'espèces d'oiseaux et d'invertébrés, ainsi qu'une amélioration de la pollinisation, de la floraison et de la production de graines des espèces végétales indigènes.

Avant de réintroduire le bétail, Environnement Canada a recueilli des données sur les oiseaux et les autres populations d'espèces de chaque segment de la réserve nationale de faune et, depuis, le Ministère surveille de près les changements qui s'y produisent. Jusqu'ici, la croissance et la production de graines d'espèces exotiques, qui ne sont généralement pas soumises au broutage, ont été éliminées ou fortement réduites dans les endroits où se pratique le pacage écologique. Cela a donné une chance aux herbes naturelles, qui remontent à une époque où le broutage et les feux de prairie faisaient naturellement partie de leur cycle de vie. Ces espèces indigènes reprennent du terrain et pourront un jour remplacer les espèces exotiques dans des zones où les deux poussent maintenant en concurrence.

Le fait de gérer le bétail et de collaborer à la surveillance du parcours naturel profite aussi grandement à l'ARAP. En donnant un droit d'accès au parcours de la réserve de faune, on contribue à laisser reposer et à rajeunir des pâturages communautaires surexploités et l'on fournit au bétail une source abondante de fourrage de bonne qualité. Depuis le début du projet, les veaux qu'on a fait paître dans la réserve de faune pèsent en moyenne 50 livres de plus que ceux qui ont brouté dans le pâturage communautaire.

En assurant la durabilité à long terme de l'habitat et de la biodiversité des prairies naturelles et en améliorant la productivité des éleveurs de bétail privés, le projet de système de pâturage écologique crée un modèle que d'autres pourront suivre pour gérer ces précieuses ressources. SeE

Bétail broutant dans la Réserve nationale de faune de Last Mountain Lake, dans le centre-sud de la Saskatchewan

LA SCIENCE DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Notre climat change plus rapidement qu'à tout autre moment au cours du dernier millénaire. Les scientifiques prédisent que la température moyenne mondiale s'élèvera de 1,5 à 6° C d'ici la fin du XXI^e siècle et que le Canada pourrait connaître une hausse encore plus marquée. Un réchauffement aussi radical se répercutera sur bien d'autres aspects du climat, comme les régimes des vents, les précipitations et les épisodes météorologiques violents, ce qui aura de graves conséquences pour l'humanité et l'environnement mondial.

Selon les modèles du climat mondial, les effets du réchauffement climatique sont les plus marqués dans les régions polaires du monde – phénomène qui risque d'avoir des effets dévastateurs sur la faune de l'écosystème fragile de l'Arctique.

La principale cause des changements climatiques est l'émission de gaz à effet de serre. Certains d'entre eux, comme le dioxyde de carbone et l'oxyde d'azote, sont produits par la combustion des combustibles fossiles, du bois et du charbon, tandis que d'autres comme le méthane et les halocarbures (p. ex., les chlorofluorocarbures et les hydrochlorofluorocarbures) résultent d'autres activités humaines. Ces gaz demeurent dans l'atmosphère pendant de longues périodes, absorbant la chaleur et la renvoyant par rayonnement à la surface de la terre — au lieu de lui permettre de s'échapper dans l'espace.

En tant que partie à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, le Canada travaille à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 6 % par rapport aux niveaux de 1990, d'ici 2008 à 2012. En octobre dernier, le Gouvernement du Canada a rendu public son *Plan d'action 2000* de 500 millions de dollars, stratégie qui met l'accent sur des secteurs clés et qui prévoit des initiatives dans divers domaines : transports, énergie, industrie, construction, foresterie et agriculture, projets internationaux, sciences et technologie. Ce plan, associé à des fonds du budget 2000, porte l'investissement fédéral pour la lutte contre la menace des changements climatiques à plus de 1,1 milliard de dollars. Lorsqu'il aura été entièrement mis en œuvre, le *Plan d'action 2000* aidera le Canada à réaliser le tiers de son objectif de réduction des émissions. Des plans subséquents, de même que des initiatives des provinces, des territoires et de l'industrie, lui permettront de progresser encore davantage.

Les décideurs ont besoin d'information scientifique pour pouvoir négocier la position internationale du Canada sur les changements climatiques et pour déterminer les moyens appropriés de s'attaquer au problème à l'échelon national. Une grande partie de cette information vient des scientifiques du Service météorologique du Canada (SMC) d'Environnement Canada, qui étudient les principaux processus de notre système climatique, surveillent et analysent l'état actuel du climat et les facteurs en jeu, et conçoivent des modèles pour prédire les conditions futures. Ils étudient également les répercussions des changements climatiques sur les systèmes naturels et socio-économiques, ainsi que la capacité d'adaptation des collectivités canadiennes.

Ces recherches montrent que notre système climatique forme un complexe équilibre mettant en jeu le soleil, l'atmosphère, les océans et la terre. Le rayonnement solaire réchauffe la terre et fournit l'énergie qui entraîne la circulation atmosphérique. L'atmosphère filtre les rayons nuisibles du soleil et accumule différents gaz et particules. Les processus de circulation atmosphérique et la composition de l'atmosphère ont une grande influence sur le climat et les régimes météorologiques. Les courants océaniques et les régimes de circulation atmosphérique aident à modérer les climats des hautes latitudes comme celui du Canada, en transférant la chaleur des tropiques vers les pôles froids. D'autres formes d'eau — allant de la vapeur d'eau et des précipitations à la neige, à la glace de mer et aux calottes glaciaires — ont aussi un effet. Les continents et leurs entités géomorphologiques absorbent ou reflètent l'énergie du soleil et influent sur les courants atmosphériques.

Les humains ont modifié de nombreux aspects de ce système climatique par le développement économique et social. Afin de déterminer les effets de ces changements, les scientifiques étudient les données recueillies antérieurement au moyen d'instruments et de données substitutives, comme les anneaux des arbres, les carottes de glace tirées des calottes glaciaires, les données sur le corail et les carottes de sédiment prélevées dans les lacs et les fonds marins, pour faire remonter les données climatiques jusqu'à plusieurs milliers d'années. Ces données sont d'autre part enrichies par des mesures du climat actuel prises par des observateurs bénévoles et des professionnels à des centaines d'endroits au pays. L'information qui en résulte est d'une importance cruciale pour détecter les changements climatiques et établir un lien entre les changements et les facteurs d'influence anthropiques.

Les scientifiques canadiens participent à plusieurs efforts internationaux visant à renforcer ce lien, notamment le Programme mondial de recherche sur le climat. Parmi les travaux menés par le Canada sous l'égide de ce programme, citons la mesure au sol du rayonnement superficiel pour mieux déterminer la quantité d'énergie qui entre dans l'atmosphère et qui en sort, l'étude des processus océaniques pour améliorer les modèles climatologiques planétaires et la conception et l'application de modèles climatologiques régionaux et mondiaux. Une autre importante contribution est l'étude des cycles de l'eau et de l'énergie dans les terres saturées de pergélisol et largement enneigées du bassin du Mackenzie, dans le cadre de la *Global Energy and Water Experiment* (Expérience mondiale sur les cycles de l'énergie et de l'eau), qui vise à mieux comprendre les régions froides et les processus hydrologiques et météorologiques de haute altitude, ainsi que leur rôle dans le système climatique mondial.

Suite à la page 5

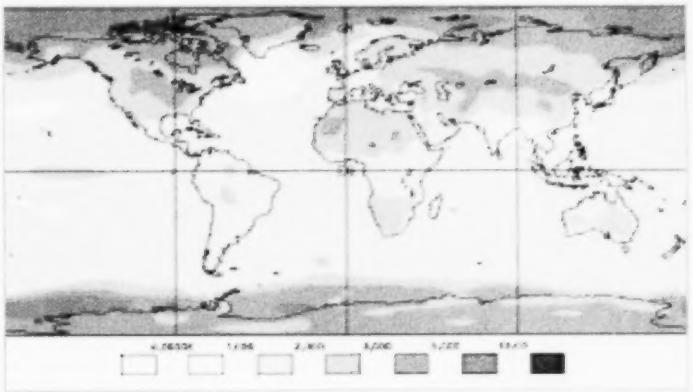
Suite de la page 4

Puisque l'évolution de la composition chimique de l'atmosphère constitue le principal facteur d'influence pour les changements climatiques, l'étude des gaz à effet de serre et de leurs cycles naturels représente un champ d'analyse de plus en plus fréquenté. On s'intéresse plus particulièrement à la façon dont le carbone contenu dans les gaz à effet de serre se retrouve dans des « puits » naturels dans les océans, les forêts, les sols et les zones humides. En plus des mesures régulières des concentrations de gaz à effet de serre dans l'Arctique, sur les côtes est et ouest et dans l'océan Pacifique, les chercheurs du SMC participent également à d'importants programmes sur le terrain, dont un projet conjoint d'étude sur les fluctuations des gaz à effet de serre et l'emprisonnement du carbone dans la forêt boréale.

Toute cette information aide à mettre au point des modèles du climat mondial — de puissants simulateurs informatisés qui utilisent de complexes approximations mathématiques des procédés physiques et, dans une certaine mesure, biologiques et chimiques qui sous-tendent le système climatique mondial. Les chercheurs du Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique du SMC, à Victoria (Colombie-Britannique), ont conçu et utilisent un des modèles climatologiques couplés les plus perfectionnés, intégrant des composantes interactives de la glace de mer et des océans, des terres et de l'atmosphère pour étudier les mécanismes de variation et de changement du climat et pour obtenir des projections du climat futur.

Le Centre a récemment modélisé les effets d'une augmentation des concentrations d'aérosol et de gaz à effet de serre entre 1850 et 2100, au moyen du superordinateur du SMC à Dorval (Québec). Les résultats obtenus montrent une forte corrélation avec les tendances historiques définies au moyen des données historiques et substitutives, et permettent de prédire que le réchauffement planétaire et les autres effets des changements climatiques au cours du prochain siècle seront le plus accentués sur les terres et en haute altitude, et qu'il y aura une intensification des précipitations mondiales et une diminution de la glace de mer et de la neige.

Pour regrouper les divers types de savoir-faire permettant de mettre au point et d'améliorer les modèles couplés de climat mondial comme celui-ci, le Centre collabore depuis six ans avec neuf groupes de recherche de 18 universités canadiennes et laboratoires gouvernementaux, au sein du Réseau canadien de recherches climatiques. Un important aspect des efforts de ce réseau a été d'incorporer les modèles climatologiques régionaux au modèle couplé de climat mondial du Centre canadien de la modélisation et de l'analyse du climat, pour obtenir des projections plus précises des changements climatiques à l'échelle régionale. En outre, des groupes de recherche du réseau ont travaillé à améliorer la représentation des processus océaniques et de la glace de mer, des nuages et du rayonnement, de la chimie stratosphérique et de la surface terrestre.



Changements prévus de la température de surface du monde entre 1980 et 2050, tels que déterminés par le modèle couplé de climat mondial de deuxième génération du Service météorologique du Canada, forcé au moyen d'un scénario largement utilisé d'émissions futures. Plus l'ombrage est foncé, plus les changements prévus seront importants.

Les scientifiques se servent des projections du climat futur pour étudier les effets climatiques et pour formuler des stratégies permettant de réagir aux changements climatiques. Certaines données des simulations canadiennes ont été fournies au Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEEC), pour qu'il les utilise dans ses rapports d'évaluation des changements climatiques mondiaux. Les scientifiques d'Environnement Canada ont été parmi les principaux auteurs, collaborateurs et examinateurs des deux premiers rapports, et participent à la production du troisième, qui sera terminé d'ici le milieu de l'année. Le modèle canadien a aussi servi à une évaluation nationale des effets potentiels de la variation du climat et des changements climatiques aux États-Unis. Les résultats du modèle du Centre canadien de la modélisation et de l'analyse climatique sont disponibles sur Internet à l'adresse [http://www.cccma.bc.ec.gc.ca].

L'évaluation américaine incluait plusieurs caractéristiques de l'Étude pancanadienne, à laquelle Environnement Canada a collaboré avec plus de 55 spécialistes du pays tout entier, pour évaluer et synthétiser les recherches sur les répercussions sociales, biologiques et économiques des changements climatiques. L'étude révèle une variété d'effets importants, y compris : des récoltes précoces et un accroissement du risque de ravageurs et de maladies pour les cultures céréalières; une remontée des forêts et des espèces forestières vers le nord et à des altitudes supérieures; un accroissement de la morbidité et de la mortalité imputables à une hausse de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur et des épisodes de smog; une possible migration vers le nord des maladies subtropicales; et des menaces pour les espèces dulçaquicoles et palustres et de leur habitat à cause de la baisse du niveau des souterraines et lacustres.

Un effort semblable est en cours à une échelle plus régionale. En effet, des scientifiques du SMC tentent d'intégrer les effets des changements climatiques au programme de simulation automatisé *Georgia Basin Quest*, qui permettra aux gens de visualiser l'effet de leurs activités, y compris la production de combustibles fossiles, sur les ressources en eau, l'agriculture, la foresterie, les pêches et la qualité de l'air dans l'avenir. D'autres projets sont en cours, dont l'examen des répercussions possibles des changements climatiques dans les parcs nationaux, l'évaluation des coûts et avantages des effets des changements climatiques, et la mise au point de solutions d'adaptation pour différents secteurs.

Un investissement continu en recherche, aussi bien dans le secteur public que dans la communauté universitaire, est essentiel à l'amélioration de nos connaissances sur l'interaction des différentes composantes du système climatique, à la création de modèles plus perfectionnés et à l'accroissement de nos capacités de prédiction. C'est grâce à cette recherche que nous serons mieux en mesure d'atténuer les répercussions de l'activité humaine sur le climat, et mieux placés pour nous adapter à ces changements. SetE

DES CARTES POUR AIDER À PROTÉGER LES RÉGIONS SENSIBLES CONTRE LES DÉVERSEMENTS D'HYDROCARBURES

Des équipes d'intervention utilisent des ordinateurs portatifs pour avoir accès à des cartes électroniques des zones sensibles au cours d'une urgence environnementale sur la côte atlantique.

Chaque seconde compte lorsque survient un déversement d'hydrocarbures en mer. La rapidité d'intervention des équipes d'urgence peut en effet être l'élément déterminant entre la protection de ressources vitales et une catastrophe environnementale susceptible de causer des dommages irréversibles si des habitats sensibles ou des espèces en péril sont menacés.

Afin de réduire au minimum les effets des déversements d'hydrocarbures sur la côte de l'Atlantique, des scientifiques d'Environnement Canada de Dartmouth (Nouvelle-Écosse) ont mis au point un système de cartographie numérique qui permet aux équipes d'intervention d'urgence de planifier leurs stratégies plus rapidement et plus efficacement. Non seulement ce nouveau programme définit les ressources côtières les plus importantes et les plus vulnérables qui sont en péril lors d'une urgence environnementale, mais il recommande également les meilleures techniques de protection et de nettoyage à adopter dans chaque cas. Ce système peut aussi servir d'instrument de planification prédéversement et d'outil de formation pour les équipes d'intervention.

Le projet de cartographie des zones côtières de la région de l'Atlantique consiste à diviser plus de 35 000 kilomètres de littoral en 12 000 segments qui présentent des propriétés physiques et des structures géologiques communes. Chaque segment est décrit en fonction de plus de 140 attributs différents, parmi lesquels figurent des caractéristiques physiques telles que la composition et la morphologie du littoral (p. ex., battures de vase intertidales, marais salés, plages de sable); les ressources biologiques présentes (oiseaux, poissons, mammifères, etc.); ainsi que les ressources exploitées par les humains, par exemple les exploitations d'aquaculture, les parcs, les lieux historiques et les ports de pêche. Des données logistiques et opérationnelles, notamment sur les zones de rassemblement, les rampes de mise à l'eau, les aires d'atterrissage pour hélicoptères et les services médicaux, sont également indiquées. Combinées à l'information sur le type et la quantité d'hydrocarbures déversés et sur les conditions météorologiques actuelles et prévues, ces données numériques permettent à l'utilisateur de déterminer la meilleure façon d'intervenir en cas d'urgence.

La zone cartographiée englobe l'ensemble de la région de l'Atlantique, à l'exception du Labrador. Ce projet prévoit la production de cartes topographiques de base et de cartes hydrographiques numériques détaillées (échelles de 1:50 000 et de 1:250 000), ainsi que de vidéos aériens sur chaque segment du littoral. Le système de cartographie permet au personnel d'urgence de produire des rapports, des cartes et des graphiques sur une région précise touchée par un déversement. De plus, grâce à un système d'enregistrement en ligne, l'utilisateur peut stocker et archiver tous les rapports d'incidents, cartes et photographies produits durant un déversement, en vue d'un usage ultérieur.

Ce projet de cartographie, qui se poursuit depuis déjà plusieurs années, a jusqu'à maintenant porté principalement sur la mise au point du logiciel, l'élaboration des normes et des protocoles de gestion des données, ainsi que la collecte et la saisie des données. Contrairement aux cartes des zones sensibles sur support papier, lesquelles sont établies principalement à partir de rapports publiés et d'archives gouvernementales, les cartes numériques s'appuient également sur un éventail de données écologiques inédites obtenues de sources locales, notamment de groupes communautaires, des Premières Nations et de sociétés pétrolières. Autre avantage, les cartes numériques — contrairement aux cartes sur papier — peuvent facilement être mises à jour et peuvent être transmises par voie électronique sans que la qualité n'en soit altérée.

Les cartes des zones sensibles du Canada s'adressent à un grand nombre d'utilisateurs potentiels, mais l'équipe régionale d'intervention d'urgence constitue pour l'instant le principal client de ce projet. Cette équipe consiste en un groupe multidisciplinaire présidé par Environnement Canada, qui réunit des spécialistes de l'environnement et des services d'urgence des administrations fédérale, provinciales et municipales et de l'industrie. L'équipe a déjà utilisé le logiciel pour un certain nombre d'urgences, notamment pour déterminer et protéger des ressources sensibles contre les fuites potentielles durant le renflouement de l'*Irving Whale* en 1996, ainsi que pour cartographier le mouvement des débris et les répercussions potentielles des fuites de carburant, à la suite de l'écrasement en 1998 de l'avion de la Swiss Air, au large des côtes de la Nouvelle-Écosse.

Le logiciel suscite beaucoup d'intérêt, tant au pays qu'à l'étranger; il a également été distribué dans d'autres bureaux régionaux d'Environnement Canada et plusieurs sont à y ajouter de nouvelles composantes et à en adapter le contenu à leurs besoins particuliers. Le Ministère a aussi l'intention de diffuser le système de cartographie sur son site Internet — la Voie verte — afin de le rendre plus accessible aux utilisateurs et de permettre aux organismes concernés de mettre leurs données à jour directement. Enfin, les discussions se poursuivent avec les groupes communautaires et les Premières Nations du Labrador, en vue d'obtenir leur collaboration à la compilation des données requises pour cette région. SeE

LES COURS D'EAU ARTIFICIELS REPÈRENT LES EFFETS DES AGRESSEURS DU MILIEU AQUATIQUE

Les plantes et les animaux aquatiques sont fréquemment exposés à plus d'un agent stressant du milieu à la fois — par exemple, les eaux d'égout municipales combinées aux nutriments et aux contaminants des effluents des fabriques de pâtes et papiers. Il a toujours été très difficile d'évaluer les effets cumulatifs de ces substances sur les organismes aquatiques, jusqu'à ce que, récemment, des scientifiques de l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE) d'Environnement Canada mettent au point un système d'évaluation des effets individuels et combinés.

En vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*, tous les projets d'exploitation doivent faire l'objet d'une évaluation des effets cumulatifs en vue d'en prédire les effets négatifs et d'élaborer des mesures propres à les prévenir ou à les atténuer. Le problème réside dans la difficulté de déterminer la substance qui produit tel ou tel effet, ou la mesure dans laquelle la présence d'une substance donnée réduit ou augmente l'effet d'une autre. Bon nombre des techniques courantes qui servent à la bioévaluation ne réussissent pas à établir de rapport de cause à effet suffisamment clair. Dans le milieu naturel, par exemple, les chercheurs ne peuvent pas toujours être certains de la concentration ou de la durée d'exposition et ils ne peuvent pas non plus reproduire facilement les expériences.

Au cours des six dernières années, une équipe de chercheurs de l'INRE a mis au point un mésocosme, ou système de cours d'eau artificiels, capable de « débrouiller » les effets d'agents stressants multiples, tels que les interactions des nutriments avec les contaminants ou des métaux avec les contaminants et de multiples contaminants métalliques. Les chercheurs sont ainsi en mesure d'examiner les effets d'agresseurs individuels et, par la même occasion, d'évaluer leurs effets combinés.

Le système de mésocosme comble l'écart entre les études de laboratoire, où les variables sont strictement contrôlées, et le monde naturel, dans lequel les chercheurs exercent un contrôle extrêmement limité sur les facteurs qui influent sur leurs expériences. Il comprend une série de bassins circulaires — les bassins originaux avaient un volume d'environ un demi-mètre cube chacun — qui sont transportés jusqu'au cours d'eau par camion à plate-forme. Dans les conditions ambiantes de lumière et de température, l'eau du cours d'eau est pompée dans les bassins pour simuler son courant. Des substrats, ou lits de cours d'eau, sont créés à l'aide de roches et d'autres matériaux du cours d'eau et l'on donne à un « biofilm » — composé de sédiments et de petits organismes qui se déposent dans le fond — le temps de se développer avant d'introduire des invertébrés et des petits poissons benthiques ou vivant sur le fond.

Système de cours d'eau artificiels utilisés sur le terrain pour évaluer les effets écologiques des effluents sur les écosystèmes fluviaux.

Les chercheurs ont eu recours à ce système pour étudier les effets des effluents des fabriques de pâtes et des mines de métaux dans plusieurs grands cours d'eau du Canada : la rivière Athabasca, dans le nord de l'Alberta; la rivière Thompson et le fleuve Fraser, en Colombie-Britannique; et, plus récemment, les rivières Saint-Jean et Little, au Nouveau-Brunswick. Ils ont concentré leurs efforts sur les effets sur les communautés benthiques, étudiant la structure des communautés, ainsi que la croissance et la santé génésique de divers membres des communautés.

Au cours de l'expérience de l'Athabasca, les chercheurs ont été en mesure de dissocier les effets des contaminants et des nutriments des effluents des fabriques de pâtes de papier kraft blanchi sur les algues et les invertébrés benthiques en utilisant trois traitements : le premier ne contenait aucun effluent, le deuxième contenait la concentration d'effluent d'un pour cent habituellement relevée dans la rivière et le troisième contenait une solution d'azote-phosphore dont les niveaux de nutriments étaient analogues à ceux du traitement avec effluent.

Par rapport au traitement témoin, ils ont constaté que la croissance des algues et le nombre des insectes augmentaient avec l'exposition au traitement avec effluent et au traitement avec azote-phosphore, et qu'il se produisait un changement dans la structure de la communauté algale. En effet, la biomasse algale et celle des insectes ne différaient pas de façon significative entre les deux traitements, ce qui donne à penser qu'aux concentrations décelées dans la rivière Athabasca, la réaction à l'enrichissement des nutriments l'emporte sur tout effet négatif causé par les contaminants.

Depuis l'étude de l'Athabasca, l'INRE a perfectionné son système et utilise désormais des mésocosmes beaucoup plus petits, qui peuvent être acheminés sur les lieux de la recherche plus facilement et d'une manière plus rentable. Bénéficiant de l'appui de l'Initiative fédérale de recherche sur les substances toxiques, les chercheurs évaluent présentement l'efficacité du système en déterminant les effets non seulement sur les algues et les invertébrés benthiques, mais aussi sur les poissons et l'écosystème aquatique dans son ensemble — travaux qui contribuent directement aux efforts accomplis par le gouvernement et l'industrie pour réduire les risques auxquels est soumis l'environnement canadien. SetE

GESTION DES EFFETS CUMULATIFS DANS LE NORD

Le Nord canadien recèle d'innombrables richesses naturelles de grande valeur — des diamants aux forêts en passant par le pétrole et le gaz naturel. L'exploitation rapide de ces ressources crée des pressions considérables sur l'environnement et fait ressortir la nécessité d'adopter une perspective régionale plus globale de gestion des effets potentiels de tous les projets de développement.

Même les stress en apparence insignifiants causés par l'activité humaine peuvent entraîner des changements imprévus dans un écosystème. Afin de prévenir ou d'atténuer ce genre de changements, des scientifiques et des dépositaires du savoir traditionnel recueillent des renseignements de base sur l'état actuel de l'environnement et tentent de prévoir les effets à court et à long terme d'un projet donné. Par ailleurs, il importe d'examiner comment les répercussions des stress provoqués par d'autres activités humaines se combineront avec ces effets.

Dans le Nord, la planification et la gestion des ressources doivent souvent comporter une évaluation des effets cumulatifs. Toutefois, le processus actuel affiche plusieurs points faibles. Chaque évaluation étant réalisée pour un projet particulier, on n'est pas en mesure de réfléchir adéquatement aux effets combinés de tous les projets de développement dans une même zone. De plus, l'absence de protocoles uniformes pour la collecte et le stockage des données de base et de suivi, alliée aux multiples examens de projets, peut rapidement conduire à l'épuisement des moyens et à une surdose de consultation — surtout dans les petites communautés septentrionales.

Lorsqu'un projet touche une vaste étendue de territoire, il est particulièrement important de déterminer quelle incidence sa réalisation, qui vient s'ajouter à celle des autres dans une zone donnée, aura sur la région au fil du temps. Un cadre de gestion des effets cumulatifs peut faciliter la collecte et la tenue à jour de renseignements de base pour une région entière et le recensement des ressources naturelles et des écosystèmes importants. Ces renseignements peuvent ensuite servir à évaluer et à gérer les effets potentiels de tous les projets de développement existants et futurs dans la région.

Ce genre de cadre s'est avéré utile pour gérer avec efficacité et efficience les nombreuses propositions de mise en valeur des hydrocarbures dans les sables bitumineux de l'Athabasca, dans le nord de l'Alberta. Un organisme multilatéral a élaboré une stratégie régionale de développement durable qui sert de cadre et de processus pour régler le nombre croissant de problèmes environnementaux de la région.

Le ministère de l'Environnement et le ministère des Affaires indiennes et du Nord travaillent en partenariat avec d'autres organisations du Nord afin d'élaborer un cadre d'évaluation et de gestion des effets cumulatifs pour les Territoires du Nord-Ouest. Environnement Canada a aussi défini un cadre de gestion régional général pour le Nord qui privilégie le principe des pratiques exemplaires.

Suivant ces deux cadres, il faut plusieurs composantes clés pour gérer efficacement les effets cumulatifs sur l'environnement. En plus de l'évaluation complète des effets cumulatifs de tous les projets proposés, ces composantes comprennent entre autres : un organisme directeur régional composé de représentants de tous les groupes touchés et intéressés; un programme de surveillance régional permettant de fournir des observations sur la santé et les changements de l'écosystème; un mécanisme de consultation pour l'aménagement du territoire et la planification des bassins hydrographiques; une base de données centrale accessible; un organisme de recherche pour régler les questions de seuils environnementaux et de prévisions des incidences.

Dans les parties du Nord où certaines de ces composantes sont déjà en place conformément aux conditions d'ententes sur les revendications territoriales, il suffirait de déterminer et de combler les lacunes pour parachever le cadre.

À mesure que progresse l'élaboration des cadres de gestion régionaux des effets cumulatifs sur l'environnement du Nord du Canada, les efforts consacrés à l'établissement de chaque cadre porteront fruit. Le résultat obtenu ne contribuera pas seulement à rendre le processus d'évaluation des effets cumulatifs plus efficace, mais il assurera également la mise en œuvre de meilleurs plans de gestion, conçus en fonction de l'avenir, pour protéger l'environnement vulnérable du Nord. S et E

TOUT SUR LE

Bulletin S et E

Le *Bulletin* paraît tous les deux mois et est élaboré par Environnement Canada pour présenter de l'information à la fine pointe de la science et de la technologie sur le plan environnemental aux Canadiens et Canadiennes.

Renseignez-vous davantage sur les sujets présentés dans ce numéro et ceux précédants en consultant notre site web *S et E* à l'adresse suivante : [www.ec.gc.ca/science]. La version en direct du *Bulletin* renferme souvent plus de données et de graphiques et offre des liens à d'autres documents et sites pertinents. Bon nombre des publications ministérielles mentionnées dans le *Bulletin* figurent sur la Voie verte d'Environnement Canada à [www.ec.gc.ca] ou peuvent être commandées auprès de l'Infomathèque au 1 800 668-6767.

Pour obtenir plus de renseignements sur un sujet, vous pouvez effectuer une recherche sur toutes les ressources en direct offertes par les quatre ministères des ressources naturelles canadiens — y compris le *Bulletin S et E* — en utilisant le moteur de recherche CanExplore à [www.canexplore.gc.ca].

Les représentants des médias ainsi que les autres personnes intéressées à mener une recherche plus approfondie peuvent obtenir les noms et numéros de téléphone des personnes-ressources en communiquant avec l'éditeur du *Bulletin*, Paul Hempel, à Paul.Hempel@ec.gc.ca, ou au (819) 994-7796. Nous invitons les lecteurs à lui envoyer également leurs commentaires et suggestions.

N'hésitez pas à reproduire de l'information provenant de la présente publication en indiquant sa source : le *Bulletin S et E* d'Environnement Canada.

ISSN 1480-3801 ©Ministre des Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2001